

ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ЗАБОЙ ТОННЕЛЯ ИЗУЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕТОДОМ ЭМИ СШП ЗОНДИРОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЕИЭМПЗ

К. П. Безродный, Ю. С. Исаев, А. Д. Басов, К. В. Романевич, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
В. Б. Болтинцев, В. Н. Ильяхин, С. В. Андрианов, ЗАО НПФ «Геодизонд»

Опережающее забой изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий неразрушающими геофизическими методами ЭМИ СШП (электромагнитные импульсы сверхширокополосной георадиолокации) зондирования и регистрации ЕИЭМПЗ (естественные импульсы электромагнитного поля земли) включает: систему регулярных измерений, обработки, анализа данных для прогноза состояния массива горных пород впереди забоя; предложения по выбору технологии проходки, крепления и при необходимости проведения специальных работ по предварительному закреплению массива для обеспечения безопасности сооружения подземной выработки. Опережающее изучение условий проходки неразрушающими методами осуществляется из забоев подземных выработок. Время проведения наблюдений методом ЭМИ СШП зондирования на плоскости одного забоя выработки 1015 мин, методом регистрации ЕИЭМПЗ в одном пункте наблюдений не более 12 мин. Камеральная обработка исходных данных выполняется непосредственно после измерений в течение 1–2 ч.

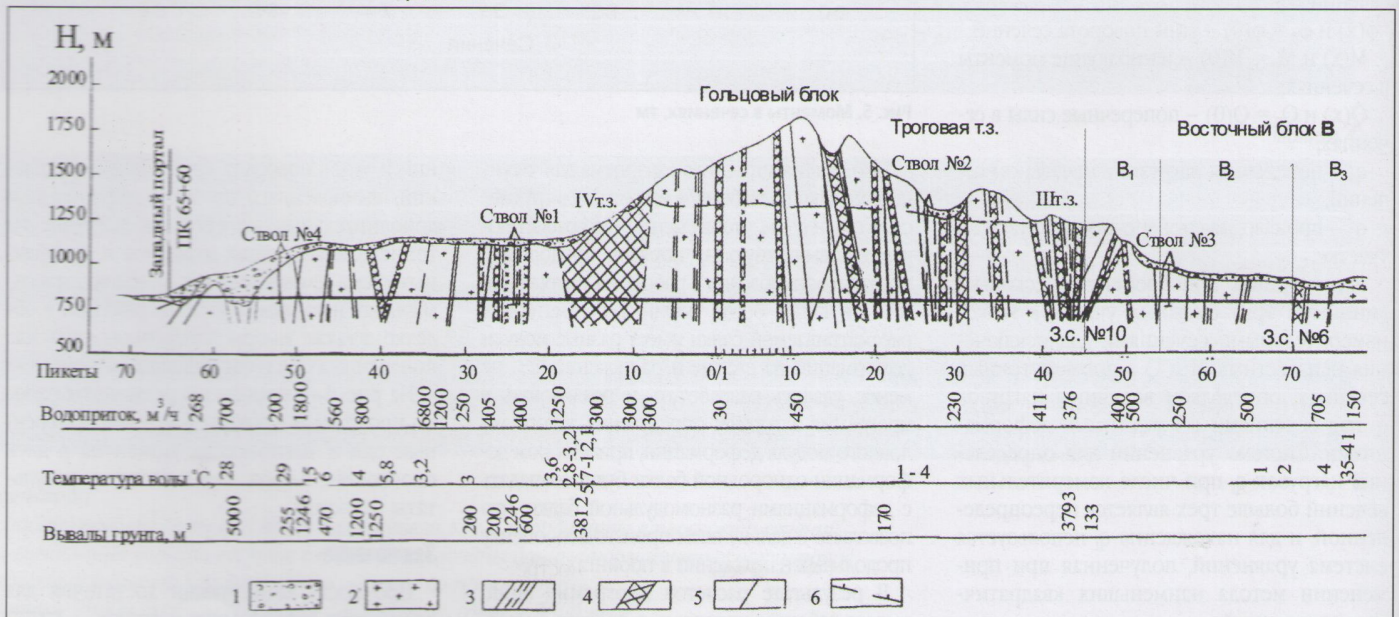
Система опережающего изучения условий проходки должна обеспечивать проектирующие и строительные службы информацией, необходимой и достаточной для выбора наиболее безопасной технологии строительства без остановки проходки, практически в режиме реального времени.

Приведем несколько примеров применения этих методов. Северомуйский тоннель построен в теле горной перемычки (в 1970–1980-х гг.), которая разделяет Верхнеангарскую и Муйскую впадины Байкальского рифта. Перемычка является частью водораздельного Северомуйского хребта, сложенного раннепалеозойскими гранитами Ангаро-Витимского батолита. По геологическому строению и структуре эта перемычка самая сложная в рифтовой зоне и самая сейсмически активная (более 9 баллов). К началу строительства геологическое строение по трассе тоннеля было изучено недостаточно, а центральная гольцовая часть была практически неизученной. Определяющим элементом геологии при строительстве Северомуйского тоннеля было сложное тектоническое строение территории: многочисленные раз-

ноориентированные зоны тектонического дробления мощностью от десятков сантиметров до 1,5–2 км. Преобладают субвертикальные зоны, пересекающие трассу тоннеля. Геологический разрез по трассе Северомуйского тоннеля представлен на рис. 1. Инженерно-геологические условия проходки тоннеля были существенно осложнены подземными водами. Зоны разломов являются резервуарами и проводниками инфильтрационных и термальных вод. Обводнение зон разломов способствовало образованию в них пльвунов, прорыв которых в забой часто создавал аварийные ситуации и остановку проходки на длительное время. По трассе тоннеля в зонах разломов отмечались выходы термальных вод с температурой до 40 °С и повышенными значениями выходов радона и гелия. Давление грунтовых вод составляло 5 МПа и более.

Для бурения разведочных скважин применяли буровые станки типа «Диамек 250», «Тоннэ Боринг» и др. Буровое оборудование размещали в специально сооружаемые камеры. Также бурение вели по забой, тогда проходка не проводилась. Как показал опыт, ско-

Рис. 1. Геологический разрез по трассе Северомуйского тоннеля: 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – граниты конкудеромамаканского комплекса кембрийского возраста. Тектонические нарушения: 3 – зона сильнотрещиноватых и раздробленных пород; 4 – раздробленные породы с тектонической глиной, дезинтегрированные до щебня, дресвы и песка мощностью 5 м и более; 5 – то же, мощностью менее 5 м; 6 – граница многолетней мерзлоты. III т. з. и IV т. з. – третья и четвертая тектонические зоны. В1, В2, В3, В4 – блоки IV порядка Восточного блока В



рости проходки и разведочного бурения с отбором керна в относительно устойчивых породах могут быть сопоставимы. Как правило, в сложных условиях блокового строения массива пород, при наличии разно ориентированных систем трещин и различной степени разрушенности и обводненности зон тектонических нарушений одной разведочной скважины для оценки условий проходки было недостаточно. В горном деле, в том числе при строительстве тоннелей, широко применяются геофизические методы исследований для решения разных задач: начиная от разведки месторождений на всех стадиях, изучения напряженно-деформированного состояния горных пород, прогноза горных ударов. Геофизические методы существенно сокращают время на проведение разведки, экономят средства на бурение, а надежность и информативность данных геофизики практически всегда бывают достаточными.

В результате опытно-методических и производственных работ в период 1984–1987 гг. был выбран метод ЕИЭМПЗ. В условиях проходки Северомуйского тоннеля была подтверждена эффективность метода ЕИЭМПЗ при обнаружении разломов из забоя на удалении до 20 м. Измерения методом ЕИЭМПЗ для целей опережающей разведки проводятся регулярно в забое не менее одного раза в смену и не менее одного замера на 5–10 м проходки. Для контроля данных ЕИЭМПЗ по забую используются измерения ЕИЭМПЗ на опорных точках в сечениях вблизи забоя с датчиками деформаций.

В качестве примера рассмотрим результаты проведения опережающей разведки из забоев методом регистрации ЕИЭМПЗ на участке ТРДШ пикеты 37+00 – 35+50 со стороны восточного портала Северомуйского тоннеля. Здесь при проведении опережающей разведки методом ЕИЭМПЗ были получены результаты, представленные на рис. 2. Обнаружение зон разломов было зафиксировано по четким всплескам излучения ЕИЭМПЗ в виде 3–10-кратного превышения счета импульсов ЕИЭМПЗ в забое N_3 над их фоновыми значениями $N_{фз}$ 20 м от забоя до ближней границы разлома. Важно, что более мощный и опасный для проходки разлом был отмечен существенно более высоким всплеском излучения в предразломной зоне за счет интенсивного трещинообразования при наложениях опорных давлений от продвигающегося забоя ТРДШ и со стороны разлома.

Первый разлом мощностью около 9 м прошли практически без осложнений. Второй более мощный около 30 м (см. рис. 1) и обводненный пройти без выполнения специальных работ по укрепительной цементации пород разлома не удалось. Строительство тоннелей по трассе Адлер – горноклиматический курорт «Альпика Сервис» связано с подготовкой транспортной инфраструктуры г. Сочи к Олимпиаде 2014 г. Инженерно-геологические условия строительства тоннелей были исследованы на стадии проектиро-

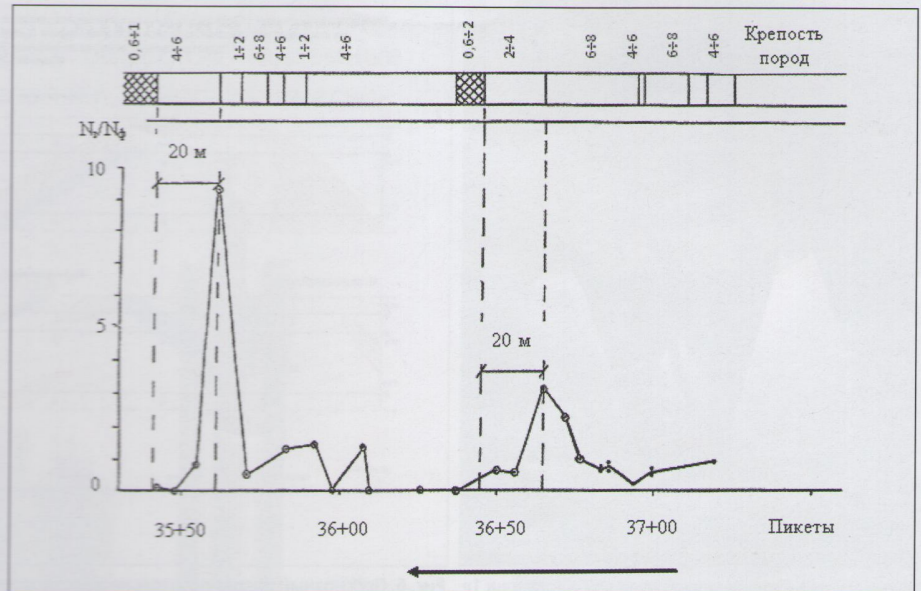


Рис. 2. Опережающая разведка методом регистрации ЕИЭМПЗ в забое ТРДШ Северомуйского тоннеля. Проходка участка с ПК 37+50 до ПК 35+49,1 вельс ГПК «Роббинс» в период с 31.10.1986 г. по 24.12.1986 г. Стрелкой показано направление проходки

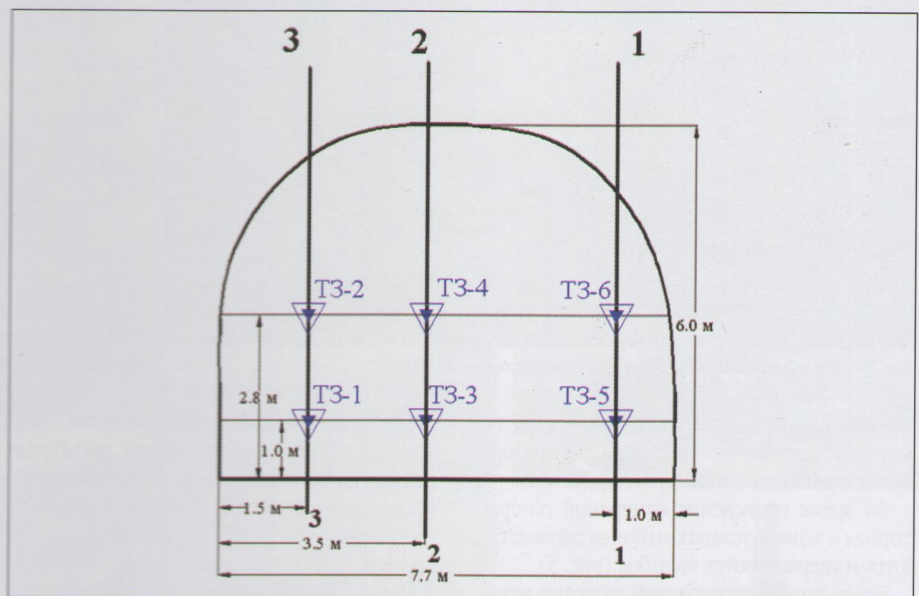


Рис. 3. План-схема расположения точек измерений в забое методом ЭМИ СШП зондирования

вания и представлены в отчетах ОАО «Ленметрогипротранс». Участки строительства тоннелей располагаются на территории с высокой сейсмической активностью в 9 баллов (СНиП П781*). Всего по трассе располагается шесть тоннельных комплексов. С начала строительства тоннелей от Сочи до олимпийских объектов на Красной Поляне опережающей разведке инженерно-геологических условий их проходки уделялось большое внимание, т. к. проведение исследований с дневной поверхности по трассе тоннелей было осложнено горным рельефом и частым присутствием в геологическом строении разреза тектонических нарушений, карста и оползней. Глубина заложения тоннелей достигает 100 м и более, поэтому инженерно-геологические разрезы, построенные по данным разведочного бурения скважин и комплекса геофизических работ с по-

верхности, не обеспечивают строителей достаточно точной информацией о местоположении геологических нарушений по трассе тоннелей и их опасности для проходки.

К настоящему времени широко применяется на практике метод георадиолокации в модификации ЭМИ СШП зондирования, который был использован при решении задач опережающей разведки из забоев тоннелей. Приведем несколько примеров опережающей разведки методами ЭМИ СШП зондирования и ЕИЭМПЗ в забоях тоннелей и штолен на современной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горноклиматический курорт «Альпика Сервис». Опережающая разведка методом ЭМИ СШП зондирования выполнялась в забоях по схеме, показанной на рис. 3. При измерениях применялась аппаратура и методики обработки, разработанные в ЗАО НПФ «Геодизонд». Это геора-



Рис. 4. ЭМИ СШП георадарный комплекс «Геодизонд 1»

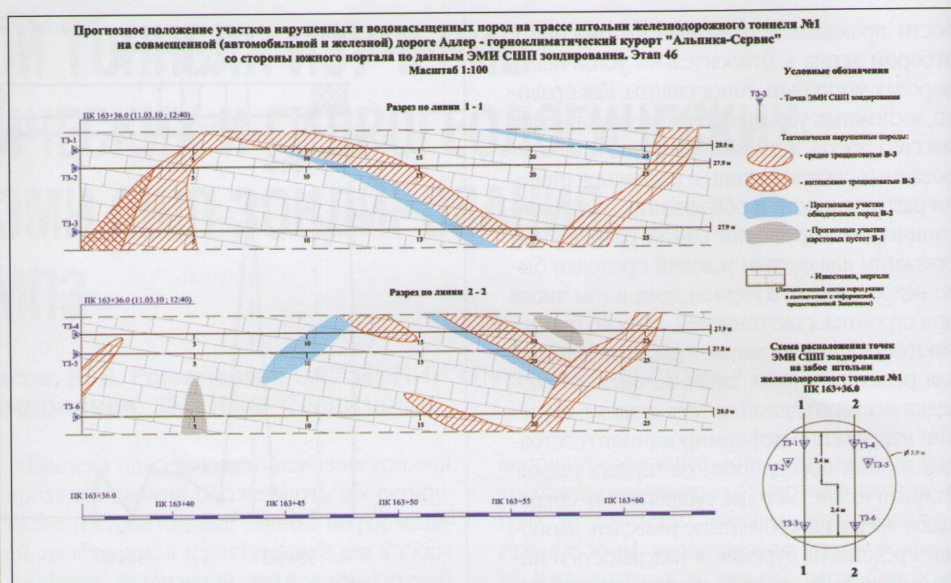


Рис. 6. Прогнозный разрез по штольне железнодорожного тоннеля № 1

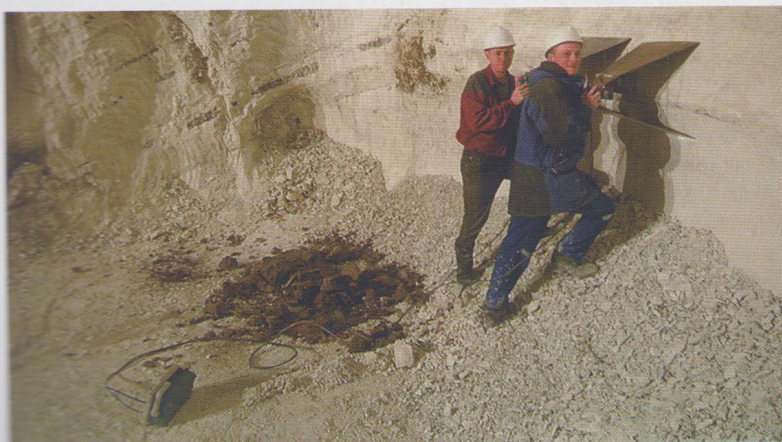


Рис. 5. Пример выполнения ЭМИ СШП зондирования в забое

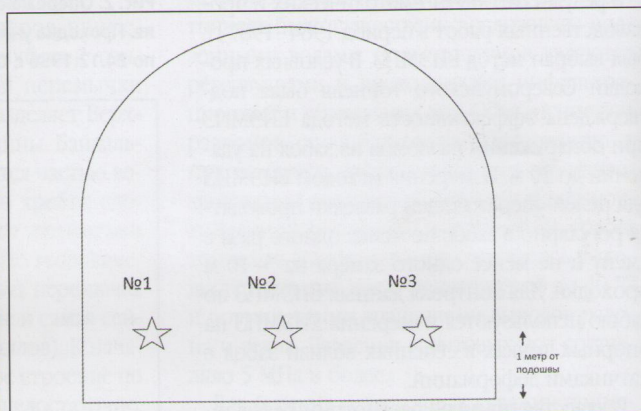


Рис. 7. План-схема расположения точек измерений в забое методом регистрации поля ЕЭМИ

дарный комплекс ЭМИ СШП «Геодизонд 1», который состоит из георадара, генераторной и приемной антенн (рис. 4).

Во время проведения измерений генераторная и измерительная антенны располагаются и удерживаются на забое (рис. 5).

Результатом опережающей разведки методом ЭМИ СШП зондирования в забое подземной выработки является прогнозный инже-

нерно-геологический разрез, который строится на основе компьютерной обработки данных зондирования и расчетов с использованием моделей петрофизических свойств геологической среды. На рис. 6 приведен пример таких компьютерных построений. С 2009 г. по мере проходки тоннелей и штолен на совмещенной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горноклиматический

курорт «Альпика Сервис» выполнено порядка 500 георадарных измерений впереди забоев с прогнозом условий проходки на 35 м. Информация по опережающей разведке методом ЭМИ СШП зондирования передавалась строителям и учитывалась при проходке.

Достоверность построения прогнозного разреза для участка тоннеля оценивалась по результатам геологической документации по проходке. Опережающая разведка из забоя методом регистрации поля ЕЭМИ выполнялась по схеме, показанной на рис. 7.

Рассмотрим результат в качестве примера (со стороны южного портала автодорожного тоннеля № 3). Всплеск амплитуды поля ЕЭМИ (рис. 8) зафиксирован на участке слабоустойчивых пород на ПК 381+34 – 381+37,5. Далее при замерах в забоях на ПК381+57 и 381+62 Ам = 15–17 мкВ в делювиальных отложениях слабой устойчивости. На ПК 381+70 в забое зафиксировано увеличение амплитуды ЕЭМИ до 80 мкВ, вероятно, связанное с неустойчивым состоянием массива пород в забое и впереди него. Два последних измерения на ПК 381+70 и 382+15 с Ам в пределах 20–30 мкВ характеризуют слабоустойчивые породы с относительно невысокой геодинамикой (изменениями деформаций).

Рис. 8. Результаты проведения измерений амплитуды ЕЭМИ в забоях

